

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



(19)

(11) Publication number:

11243082 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 10327507

(51) Intl. Cl.: H01L 21/3065 C23F 4/00

(22) Application date: 02.11.98

(30) Priority: 27.12.97 JP 09368081

(43) Date of application publication: 07.09.99

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: TOKYO ELECTRON LTD

(72) Inventor: YAMADA NOBUHIRO
ITO HIROFUMI
INASAWA KOICHIRO

(74) Representative:

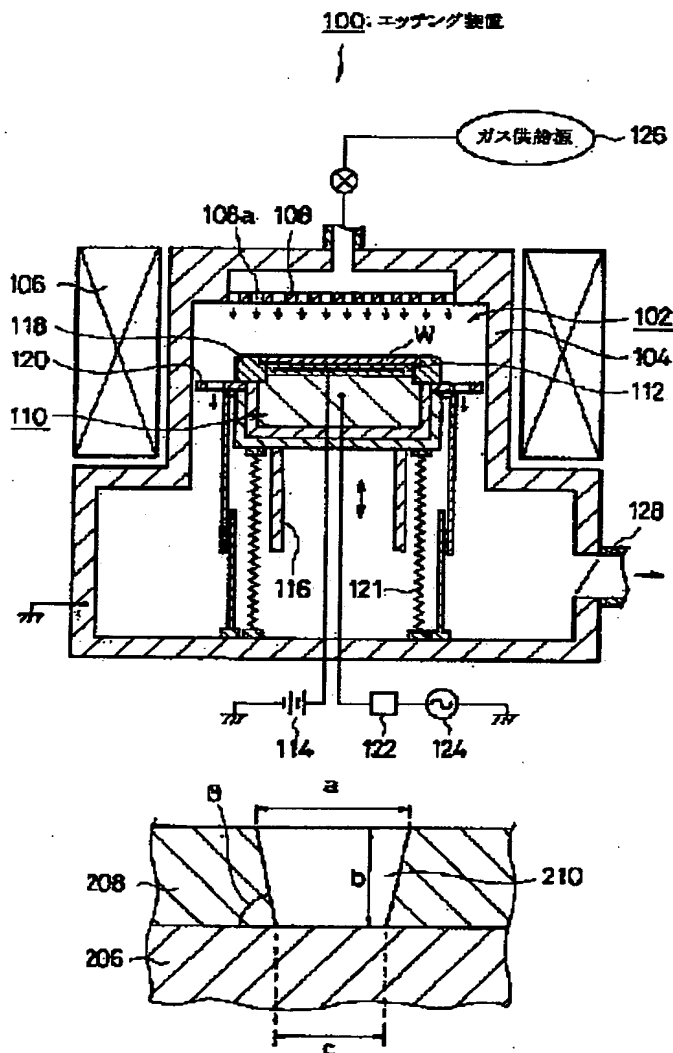
(54) ETCHING METHOD

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching method, in which etching shape and selective ratio equal to or higher than those in a conventional methods can be obtained and a treating gas resulting in no greenhouse effect is used.

SOLUTION: The inside of a treatment chamber 102 for an etching device 100 is supplied with a treating gas consisting of C₅F₈ and O₂ are Ar, with a flow ratio of 1≤ (the flow rate of C₅F₈/the flow rate of O₂)≤1.625, and a pressure atmosphere is set in the range of 45 mTorr-50 mTorr. High-frequency power is applied to a lower electrode 110 at 20-40° C, on which a wafer W is placed, and the treating gas is changed into a plasma, and a contact hole 210 is formed into an SiO₂ film 208 on an SiN_x film 206 formed onto the wafer W by the plasma. The contact hole 210 having a shape close to verticality can be formed to the SiO₂ film 208 by C₅F₈ and O₂, as well as the selective ratio of the SiO₂ film 208 to the SiN_x film 206 can be improved. C₅F₈ decomposes within a short time, even if it is discharged into atmospheric air.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-243082

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

C 2 3 F 4/00

L

E

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-327507

(22) 出願日 平成10年(1998)11月2日

(31) 優先権主張番号 特願平9-368081

(32) 優先日 平9(1997)12月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 山田 暢浩

東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東

京エレクトロン山梨株式会社内

(72) 発明者 伊藤 洋文

東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東

京エレクトロン山梨株式会社内

(72) 発明者 稲沢 剛一郎

東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東

京エレクトロン山梨株式会社内

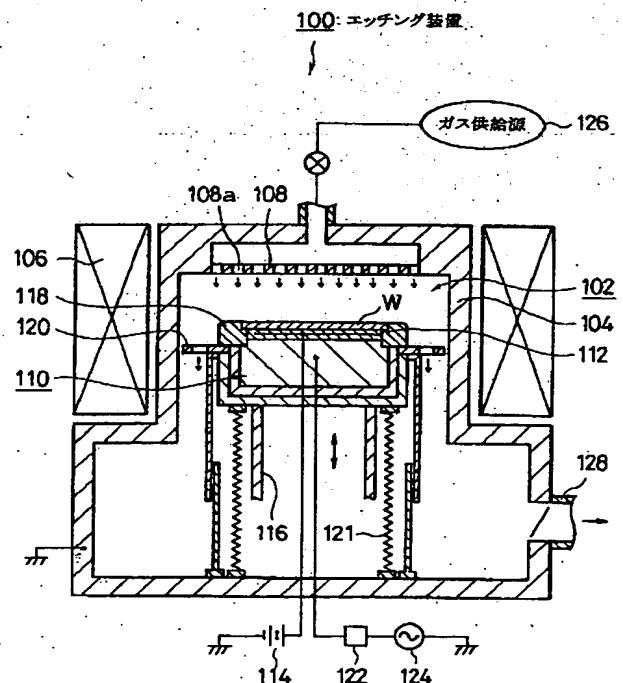
(74) 代理人 弁理士 亀谷 美明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 エッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 従来と同等以上のエッチング形状と選択比を得ることができ、温室効果の原因にならない処理ガスをを用いたエッチング方法を提供する。

【解決手段】 エッチング装置100の処理室102内に、流量比が $1 \leq (C_5F_8 \text{の流量} / O_2 \text{の流量}) \leq 1.625$ の C_5F_8 と O_2 と Ar から成る処理ガスを供給し、圧力雰囲気を $45mTorr \sim 50mTorr$ にする。ウェハWを載置した $20^\circ C \sim 40^\circ C$ の下部電極110に高周波電力を印加して処理ガスをプラズマ化し、該プラズマによりウェハWに形成された SiN_x 膜206上の SiO_2 膜208にコンタクトホール210を形成する。 C_5F_8 と O_2 により、 SiO_2 膜208垂直に近い形状のコンタクトホール210を形成できると共に、 SiN_x 膜206に対する SiO_2 膜208の選択比を向上させることができる。 C_5F_8 は、大気中に放出されても短時間で分解される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 気密な処理室内に導入した処理ガスをプラズマ化させて、前記処理室内に配置された被処理体に形成されたSiO₂膜にエッチング処理を施すエッチング方法において、前記処理ガスは、少なくともC₅F₈とO₂とを含むことを特徴とする、エッチング方法。

【請求項2】 前記SiO₂膜は、前記被処理体に形成されたSiN_x膜上に形成されていることを特徴とする、請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項3】 前記C₅F₈と前記O₂との流量比は、 $1 \leq (\text{前記C}_5\text{F}_8\text{の流量} / \text{前記O}_2\text{の流量}) \leq 1.5$ に設定されることを特徴とする、請求項2に記載のエッチング方法。

【請求項4】 前記C₅F₈と前記O₂との流量比は、 $1.3 \leq (\text{前記C}_5\text{F}_8\text{の流量} / \text{前記O}_2\text{の流量}) \leq 1.625$ に設定されることを特徴とする、請求項1または2のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項5】 前記処理室内の圧力雰囲気は、45mTorr～50mTorrに設定されることを特徴とする、請求項1、2または4のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項6】 前記被処理体を載置する載置台の温度は、20℃～40℃に設定されることを特徴とする、請求項1、2、4または5のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項7】 前記処理ガスは、さらに不活性ガスを含むことを特徴とする、請求項1、2、4、5または6のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項8】 前記不活性ガスは、Arであることを特徴とする、請求項7に記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、エッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 最近、半導体装置の集積度が飛躍的に向上し、それに伴って半導体基板上に形成される各種素子の微細化も技術的要求項目の一つとして挙げられている。かかる要求を達成するためには、半導体基板上に形成される各ゲート（電極）間の間隔を狭めることも必要となり、そのゲート間にコンタクトホールを形成する場合には、コンタクトホールも微細化する必要がある。しかしながら、ゲート間の間隔が狭まるにつれ、ステップのアライメント性能の限界などに起因して、狭小なコンタクトホールを正確な位置に形成することが困難となっている。そこで、最近、各ゲートの表面に保護膜（下地）、例えばSiN_x膜（窒化シリコン膜）を形成し、コンタクトホール形成時にゲートがエッチングされることを防止して、各ゲート間の狭小空間に自己整合的にコンタクトホールを形成するセルフアラインコンタクト技

術が提案されている。

【0003】 ところで、上記コンタクトホールを形成する際に行われるエッチング処理、特に各ゲートを覆う絶縁膜、例えばSiO₂膜（酸化シリコン膜）を貫通するコンタクトホールをゲート間に形成する際に行われるエッチング処理では、処理ガスとしてC₄F₈にCOを添加した混合ガス等が使用されている。C₄F₈にCOを添加した処理ガスは、エッチング形状を垂直に近くすることができ、さらにSiN_x膜に対するSiO₂膜の選択比（SiO₂膜のエッチングレート／SiN_x膜のエッチングレート）（以下、「選択比」という。）を向上させることができる点で優れている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、C₄F₈は、大気中で分解され難いため、そのC₄F₈が処理時に解離せずに、そのまま大気中に放出されると、温室効果の原因ガスとなって地球の温暖化を促進することが知られている。

【0005】 すなわち、C₄F₈の大気寿命は3200年であり（CLIMATE CHANGE 1995、半導体量産工場におけるPFC問題の現況と打開策）、これに対してC₅F₈の大気寿命は1年である（日本ゼオン社）と報告されている。

【0006】 本発明は、従来の技術が有する上記のような問題点を鑑みて成されたものであり、SiO₂膜エッチングの垂直性と、選択比を従来と同程度かそれ以上にしながら、大気中に放出されても相対的に短時間で分解されて温室効果の原因ガスとはならないガスでエッチング処理を行うことが可能な、新規かつ改良されたエッチング方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明によれば、請求項1に記載の発明のように、気密な処理室内に導入した処理ガスをプラズマ化させて、処理室内に配置された被処理体に形成されたSiO₂膜にエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスは、少なくともC₅F₈とO₂とを含むことを特徴とする、エッチング方法が提供される。

【0008】 本発明にかかる処理ガスを構成するC₅F₈は、従来から処理ガスとして使用されているCF₄や、C₂F₆や、C₄F₈などCF系ガスと比較して、大気中で相対的に短時間で分解されることが知られている。従って、C₅F₈がそのまま大気中に放出されても、温室効果の原因ガスとはならず、地球の温暖化防止に寄与することができる。

【0009】 また、C₅F₈は、上述したCF₄や、C₂F₆や、C₄F₈などCF系ガスよりも相対的にカーボンリッチであるため、エッチングマスクやそのパターン肩部、あるいはコンタクトホールの内部側壁などに保護膜となるカーボン含有膜を容易に形成できる。ただし、C

5F₈のみや、C₅F₈とArとの混合ガスを用いたのでは、カーボン含有膜がコンタクトホール底部にも付着したままとなり、いわゆるエッチストップが生じる。これに対して、本発明にかかる処理ガスには、O₂が含まれているので、該O₂によりコンタクトホール内のカーボン含有膜量をコントロールすることができ、エッチストップの発生を防止できると共に、コンタクトホールの角度コントロールも行うことができる。その結果、従来のC₄F₈とCOとを含むガスを用いる場合と比較して、同等かそれ以上の垂直に近い形状のコンタクトホールを形成することができる。

【0010】さらに、例えば請求項2に記載の発明のように、SiO₂膜が被処理体に形成されたSiN_x膜上に形成されている場合には、上記カーボン含有膜がSiN_x膜の露出面を覆ってエッチングから保護するので、選択比を向上させることができる。

【0011】また、C₅F₈とO₂との流量比を、例えば請求項3に記載の発明のように、 $1 \leq (\text{C}_5\text{F}_8\text{の流量} / \text{O}_2\text{の流量}) \leq 1.5$ に設定すれば、上記従来の処理ガスを使用する場合と比較して、同等かそれ以上の高選択比を得ることができる。

【0012】さらに、例えば請求項4～請求項8に記載の発明のように、C₅F₈とO₂との流量比を $1.3 \leq (\text{C}_5\text{F}_8\text{の流量} / \text{O}_2\text{の流量}) \leq 1.625$ に設定したり、処理室内の圧力雰囲気は45mTorr～50mTorrに設定したり、被処理体を載置する載置台の温度を20℃～40℃に設定したり、処理ガスにさらに不活性ガス、例えばArを含ませれば、垂直に近いエッチング形状を得ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるエッチング方法の実施の形態について説明する。

【0014】まず、本発明にかかるエッチング方法を適用可能なエッチング装置の構成について、図1を参照しながら説明する。

【0015】エッチング装置100の処理室102は、気密な導電性の処理容器104内に形成されている。また、処理容器104の周囲を囲むように、処理室102内に形成されるプラズマ領域に回転磁界を形成可能な磁石106が配置されている。また、処理室102内には、処理室102の天井部を成す上部電極108と、この上部電極108に対向し、サセプタを構成する導電性の下部電極110が形成されている。

【0016】下部電極110上には、高圧直流電源114が接続された静電チャック112が設けられている。そして、この静電チャック112上の載置面は、被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）Wを吸着固定可能である。また、下部電極110には、昇降軸116を介して不図示の昇降機構が接続さ

れており、下部電極110は上下動自在である。また、下部電極110の側面部を覆う位置には、絶縁性のフォーカスリング118が設けられている。さらに、フォーカスリング118の側面部には、複数の貫通孔が形成されたバッフル板120が取り付けられている。このバッフル板120は、導電性材料から構成されており、導電性のベローズ121や処理容器104などを介して接地されている。また、下部電極110には、整合器122を介して、所定のプラズマ生成用高周波電力を出力可能な高周波電源124が接続されている。

【0017】一方、上部電極108には、処理室102内とガス供給源126とを連通する多数の貫通孔108aが形成されており、いわゆるシャワーヘッド形状を有している。かかる構成により、本実施の形態にかかる処理ガス、例えばC₅F₈とO₂とArから成る混合ガスは、ガス供給源126から貫通孔108aを介して処理室102内のウェハW方向に均一に吐出される。

【0018】また、処理室102内の雰囲気は、バッフル板120を介して排気管128から排気される。そして、処理室102内の圧力雰囲気は、上述した処理ガスの処理室102内への供給量と、処理室102内の雰囲気の排気量により適宜設定される。

【0019】次に、上述したエッチング装置100を用いて、ウェハWにエッチング処理を施し、ウェハW上に形成された各ゲート間の狭小空間にコンタクトホールを形成する工程について説明する。

【0020】まず、図2を参照しながら、処理を施すウェハWについて説明すると、ウェハWを構成するSi

(シリコン)基板200上には、SiO₂膜201を介してゲート202が形成されており、このゲート202を覆うようにSiN_x膜206が形成されている。このSiN_x膜206は、後述するコンタクトホール210形成時に、ゲート202がエッチングされることを防止し、ゲート202間に自己整合的にコンタクトホール210を形成する役割を果たしている。また、SiN_x膜206上には、絶縁膜を構成するシリコン系酸化膜、例えばSiO₂膜208が形成されている。なお、SiO₂膜208に代えて、BPSG（ボロンとリンのシリケートガラス）や、PSG（リンのシリケートガラス）や、TEOS（テトラエトキシオルトシラン）や、Th-O-X（サマルオキサイド）や、SOG（スピオングラス）などから成る絶縁膜を採用しても良い。

【0021】次に、上述したウェハWのゲート202間にコンタクトホール210を形成する工程について、図1および図2を参照しながら説明する。

【0022】まず、20℃～40℃に維持された下部電極110上にウェハWを載置した後、処理室102内に本実施の形態にかかる処理ガス、例えばC₅F₈とO₂とArから成る混合ガスを導入すると共に、真空引きを行い、処理室102内を所定の減圧雰囲気、例えば45m

Torr \sim 50mTorrに維持する。この際、C₅F₈とO₂との流量比は、 $1 \leq (\text{C}_5\text{F}_8\text{の流量}/\text{O}_2\text{の流量}) \leq 1.625$ 、好ましくは $1.3 \leq (\text{C}_5\text{F}_8\text{の流量}/\text{O}_2\text{の流量}) \leq 1.5$ に設定されている。さらに、磁石106を回転させて処理室102内のプラズマ領域に100 Gauss \sim 200 Gaussの回転磁界を形成させる。次いで、所定のプロセス条件が整った後、下部電極110に対して高周波電源124から所定周波数、例えば13.56MHzで、所定電力、例えば1500Wの高周波電力を印加し、上部電極108との間にグロー放電を生じさせる。これにより、処理室102内に供給された本実施の形態にかかる処理ガスが解離してプラズマが励起される。

【0023】この際、本実施の形態にかかる処理ガスは、C₅F₈とO₂とArから成る混合ガスであるため、炭素系ガス、例えばCOを添加しなくとも処理室102内にカーボンリッチな雰囲気を作り出すことができ、コンタクトホール210の内壁面に保護膜となるカーボン含有膜を確実に形成することができる。その結果、SiN_x膜206にエッチング種であるCF（フルオロカーボン）系ラジカルが到達し難くなってSiN_x膜206が保護されるため、選択比を向上させることができる。そして、図2に示したように、ゲート202間の狭小空間に所望の均一な形状のコンタクトホール210が形成される。なお、同図中のSiO₂膜208上には、エッチングマスクとなるフォトリソist膜212が形成されている。

表1

実施例	処理ガス流量 (sccm)			C ₅ F ₈ /O ₂ 流量比	処理室内の 圧力雰囲気 (mTorr)	電力 (kW)	下部電極温度 (℃)	コンタクト ホールの テーパ角 (°)
	C ₅ F ₈	O ₂	Ar					
1	6.5	4	400	1.625	50	1.5	40	86.9
2	6	4	400	1.5	50	1.5	40	87.5
3	6.5	5	400	1.3	50	1.5	40	87.9
4	6.5	4	400	1.625	50	1.4	40	87.2
5	6.5	4	400	1.625	50	1.6	40	87.4
6	6.5	4	400	1.625	45	1.5	40	87.0
7	6.5	4	400	1.625	50	1.5	20	86.4
8	3.25	2	200	1.625	50	1.5	40	87.1
9	9.75	6	600	1.625	50	1.5	40	87.5
比較例 1	18 (C ₄ F ₈)	300 (CO)	380	-	40	1.5	40	86.3

【0024】

【実施例】次に、本発明にかかるエッチング方法の実施例について説明する。なお、以下の実施例は、上記実施の形態にかかるエッチング装置100を用いて、以下で説明する処理ガスの組成やガス流量などの各条件のみを変更し、上述の如くウェハWに形成されたゲート202間にコンタクトホール210を形成したものであるため、略同一機能および構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより、重複説明を省略する。

【0025】(A) コンタクトホールのテーパ角について

まず、表1を参照しながら、コンタクトホール210のテーパ角について説明する。なお、テーパ角とは、コンタクトホール210形成部を上方から見た図である図3(a)と、図3(a)に示すA-A線に沿う平面において切断した断面図である図3(b)と、図3(a)に示すB-B線に沿う平面において切断した断面図である図3(c)に示すように、所定のパターンが形成されたフォトリソist膜212をマスクとしてSiO₂膜208にエッチング処理を施した際に形成された、図3(c)および図4に示すコンタクトホール210内のSiO₂膜208側面とSiN_x膜206上面との間の角度(θ)をいう。

【0026】

【表1】

【0027】表1に示す実施例1～実施例9および比較例1の各エッチング条件に基づいて、SiO₂膜208

にコンタクトホール210を形成したところ、同表に示す結果を得た。

【0028】ここで、図4に示すコンタクトホール210上部の直径（以下、「エッチング径」という。） a と、コンタクトホール210の深さ（高さ）（以下、「エッチング膜厚」という。） b と、コンタクトホール210下部の直径（以下、「コンタクト径」という。） c と、テーパ角（ θ ）との関係式、

$$c = a - (2b / \tan \theta) \quad \dots (1)$$

を用いて、上述した C_5F_8 と O_2 と Ar から成る処理ガスと、従来の C_4F_8 と CO と Ar から成る処理ガスでエッチングした際のコンタクトホール210形状の相異について説明する。

【0029】エッチング径（ a ）が $0.25\mu m$ で、エッチング膜厚（ b ）が $1.5\mu m$ の微細加工では、上記式（1）に比較例1のテーパ角（ θ ） 86.3° と、実施例1～実施例9の平均テーパ角（ θ ） 87.2° をそれぞれ代入すると、コンタクト径 c は比較例1が $0.056\mu m$ となり、実施例1～実施例9の平均が 0.10

表2

実施例	処理ガス流量 (sccm)			C_5F_8/O_2 流量比	処理室内の 圧力雰囲気 (mTorr)	電力 (kW)	下部電極温度 ($^\circ C$)	SiO_2 膜/ $SiNx$ 膜 選択比
	C_5F_8	O_2	Ar					
10	6	4	380	1.5	40	1.5	40	16.8
11	6	4	500	1.5	40	1.5	40	16.8
12	6	4	600	1.5	40	1.5	40	14.7
13	3	2	190	1.5	40	1.5	40	10.8
14	6	4	380	1.5	30	1.5	40	13.1
15	6	6	500	1	40	1.5	40	13.3
比較例 2	18 (C_4F_8)	300 (CO)	380	-	40	1.5	40	11.2

【0033】表2に示す実施例10～実施例15および比較例2のエッチング条件に基づいて、 SiO_2 膜208にコンタクトホール210を形成したところ、同表に示す結果を得た。このように、 C_5F_8 と O_2 を含む処理ガスを用いて、 C_5F_8 と O_2 との流量比が $1 \leq (C_5F_8 \text{の流量}/O_2 \text{の流量}) \leq 1.5$ の条件の下でエッチング処理を行えば、従来の C_4F_8 と CO と Ar から成る処理

$3\mu m$ となる。これらの結果に基づいて、コンタクトホール210の下部の面積比を求めると、

$$(0.103 / 0.056)^2 = 3.38$$

となる。従って、上記テーパ角（ θ ）が 0.9° 異なるだけでもコンタクトホール210の下部の面積比は3.38倍にもなり、コンタクト抵抗の減少に大きく寄与する。

【0030】また、表1に示すように、 C_5F_8 と O_2 との流量比が $1.3 \leq (C_5F_8 \text{の流量}/O_2 \text{の流量}) \leq$

1.625に設定され、処理室102内の圧力雰囲気が $45mTorr \sim 50mTorr$ に設定され、下部電極110の温度が $20^\circ C \sim 40^\circ C$ に設定されていれば、従来の処理ガスよりもテーパ角（ θ ）を大きくすることができる。

【0031】（B）選択比について

次に、表2を参照しながら、選択比について説明する。

【0032】

【表2】

ガスでの処理と同等かそれ以上の選択比を得ることができる。

【0034】なお、 C_5F_8 と CO と Ar から成る処理ガスを用いた実施例16～実施例19では、表3に示す結果を得た。

【0035】

【表3】

表3

実施例	処理ガス流量 (sccm)			処理室内の 圧力雰囲気 (mTorr)	電力 (kW)	下部電極温度 (℃)	SiO ₂ 膜/SiN _x 膜 選択比
	C ₅ F ₈	CO	A _r				
16	6	300	380	40	1.5	40	9.6
17	9	300	380	40	1.5	40	23.1
18	6	150	380	40	1.5	40	11.4
19	6	150	600	40	1.5	40	12.0

【0036】以上、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例および修正例に想到し得るものであり、それら変更例および修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0037】

【発明の効果】本発明によれば、大気中で相対的に短時間で分解されるC₅F₈を含むガスを用いてエッチング処理を行うため、処理時にC₅F₈が分解せずに、そのまま大気中に放出された場合でも、温室効果の原因ガスとはならず、地球の温暖化防止に寄与することができる。また、処理ガスにはO₂が添加されているので、エッチストップが起こることなく、垂直に近いエッチング形状を得ることができ、さらに選択比が大きい処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能なエッチング装置を示す概略的な断面図である。

【図2】図1に示すエッチング装置で処理を施すウェハを表す概略的な拡大断面図である。

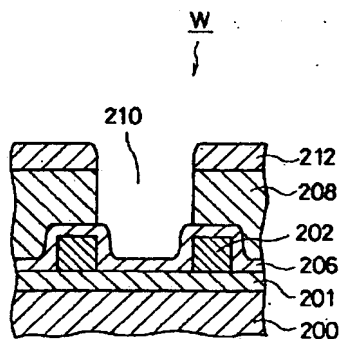
【図3】本発明の実施例および従来の比較例で処理を施すウェハを表す概略的な説明図である。

【図4】コンタクトホールテーパ角を説明するための概略的な説明図である。

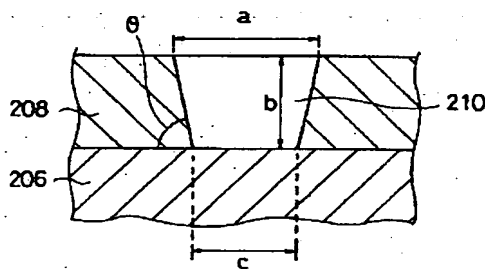
【符号の説明】

100	エッチング装置
102	処理室
108	上部電極
110	下部電極
126	ガス供給源
200	Si基板
201, 208	SiO ₂ 膜
202	ゲート
206	SiN _x 膜
210	コンタクトホール
212	フォトリソ膜
W	ウェハ

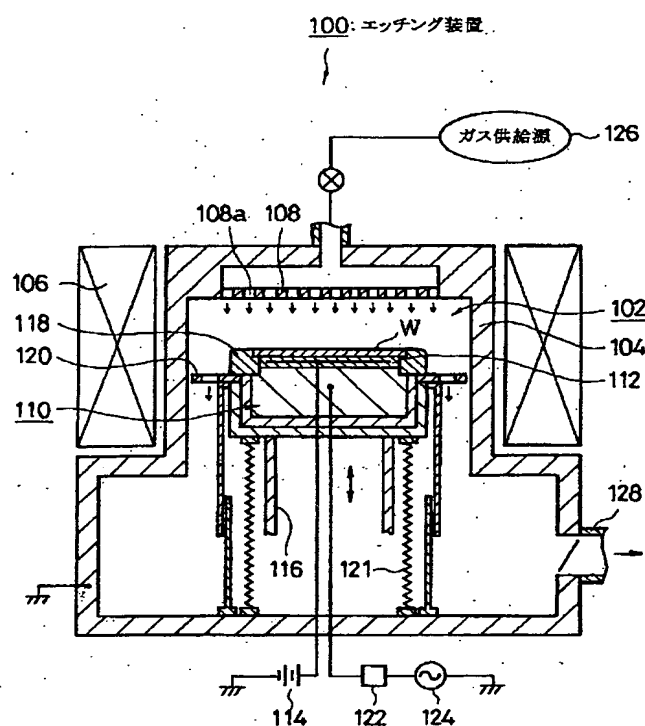
【図2】



【図4】



【図1】



【図3】

